

LE CIRCUIT RC

Sujet 1 : Le condensateur dans tous ses états – Polynésie Sept 2003

Sujet 2 : Principe d'une minuterie – Polynésie 2005

Sujet 3 : Principe du défibrillateur cardiaque – Antilles Sept 2003

Sujet 4 : Airbag et condensateur, quel rapport ? – Métropole 2009

1^{ère} partie : Quelques définitions.

1. Découper et coller les documents 1 à 3. Définir la notion de condensateur.
2. Définir la notion de courant électrique. Rappeler la relation permettant de calculer la charge q du condensateur en fonction de l'intensité du courant I .
3. Découper et coller le document 5 donné en Annexe. Il représente l'évolution de la charge q du condensateur en fonction de la tension u_{AB} aux bornes du condensateur.

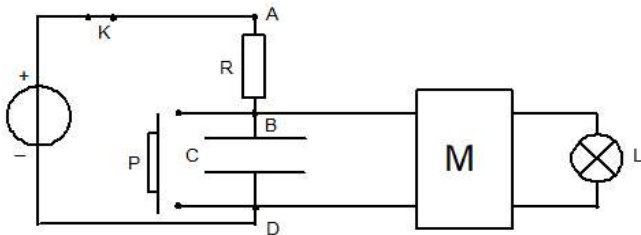
Définir et déterminer à partir de cette dernière, par une méthode que l'on explicitera, la valeur de la capacité C du condensateur.

2^{ème} partie Étude de la charge du condensateur : Principe d'une minuterie.

L'objet de cette partie est d'étudier la charge d'un condensateur à travers le fonctionnement d'une minuterie permettant d'éteindre une lampe automatiquement au bout d'une durée t_0 réglable.

Le montage du circuit électrique est constitué :

- d'un générateur idéal de tension $E = 30$ V.
- d'un interrupteur K .
- d'un conducteur ohmique de résistance R .
- d'un condensateur de capacité C .
- d'un bouton poussoir P qui joue le rôle d'un interrupteur: il est fermé seulement quand on appuie dessus.
- **d'un composant électronique M qui permet l'allumage de la lampe L tant que la tension aux bornes du condensateur est inférieure à une tension limite, caractéristique du composant, notée U_ℓ** (dans tout l'exercice on fixera U_ℓ à une valeur constante égale à 25 V).



À l'instant initial ($t = 0$ s), la tension du condensateur est nulle. On ferme l'interrupteur K , le bouton poussoir P est relâché (voir schéma ci-dessus).

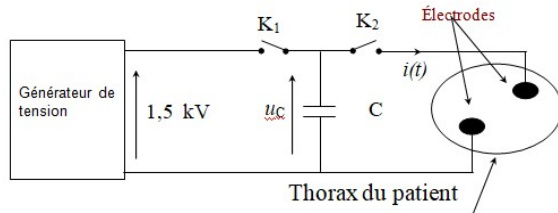
4. Découper et coller le document 6 donné en Annexe et qui représente le schéma électrique simplifié. Y faire apparaître par les notations conventionnelles, les tensions aux bornes du générateur, du condensateur et de la résistance. Faire également apparaître le sens de circulation du courant.
5. Montrer que l'équation différentielle donnant les variations de la tension $u_c(t)$ aux bornes du condensateur en fonction du temps est de la forme : $u_c(t) + RC \frac{du_c(t)}{dt} = E$
6. En vérifiant que la fonction du temps $u_c(t) = A(1 - e^{-t/\tau})$ est solution de l'équation différentielle précédente montrer que $A = E$ et que $\tau = RC$.
7. Quel est le nom donné à la constante τ ? Calculer la valeur de la constante τ pour $R = 100$ k Ω et $C = 200$ μ F. Préciser l'unité de la constante τ .

8. Découper et coller le document 6 donné en Annexe, qui donne l'évolution au cours du temps de la tension $u_c(t)$ aux bornes du condensateur au cours de la charge. Commenter l'allure de cette courbe. Faire apparaître sur ce graphe sans aucune justification la tension E et les régimes permanent et transitoire.
 9. À partir de ce graphe, quelle est la valeur de u_c en régime permanent ? Ce résultat est-il en accord avec la solution donnée à la question 7.
 10. À partir du graphe du document 7, déterminer la tension aux bornes du condensateur lorsque $t = \tau$. Comparer cette valeur à la tension maximale atteinte par le condensateur lorsqu'il est en régime permanent. Ce résultat est-il cohérent avec la valeur de $u_c(t) = A(1 - e^{-t/\tau})$ lorsque $t = \tau$? En déduire la définition de la constante de temps de charge τ .
 11. Tracer la tangente à l'origine de la courbe $u_c = f(t)$. Déterminer l'abscisse du point intersection de cette tangente avec l'asymptote $u_c = E$. En déduire une seconde méthode pour déterminer graphiquement la valeur de la constante de charge τ .
 12. Que peut-on dire du régime lorsque le temps écoulé est égal à 5τ ?
 13. On rappelle que le composant électronique M qui permet l'allumage de la lampe L tant que la tension aux bornes du condensateur est inférieure à une tension limite, caractéristique du composant, notée U_ℓ (dans tout l'exercice on fixera U_ℓ à une valeur constante égale à 25 V).
- Découper et coller le document 8 donné en Annexe. Déterminer graphiquement le temps nécessaire pour que la tension aux bornes du condensateur atteigne la valeur limite $U_\ell = 25$ V. Quel est l'état (allumée ? éteinte ?) au cours de ce temps ? Expliquer en quelques mots le principe de fonctionnement de la minuterie.
14. On se rend compte que le temps durant lequel la lampe est allumée, n'est pas suffisant. Quel paramètre du dispositif, allez-vous modifier, pour augmenter le temps d'éclairage et atteindre un temps de minuterie de 1 minute ?
 15. Découper et coller le document 10 donné en Annexe. Toujours dans l'objectif d'augmenter le temps d'éclairage, quel(s) paramètre(s) du montage peut-on modifier sans changer le générateur ni la tension de déclenchement, afin d'augmenter la durée d'allumage de la lampe ? Justifier votre réponse en faisant apparaître les courbes obtenues si on modifie le paramètre choisi.
 16. On fixe $C = 200$ μ F quelle valeur doit-on donner à la résistance R pour obtenir une constante de temps d'une minute ?
 17. On appuie sur le bouton poussoir. Que vaut la tension aux bornes du condensateur ? Quel est alors l'état (allumée ou éteinte) de la lampe. Concrètement, que se passe-t-il pour la lampe dans les cas suivants :

- la lampe est déjà allumée ?
- la lampe est éteinte ?

3^{ème} partie : Etude de la décharge du condensateur : Principe du défibrillateur cardiaque

Le défibrillateur cardiaque est un appareil utilisé en médecine d'urgence. Il permet d'appliquer un choc électrique sur le thorax d'un patient, dont les fibres musculaires du cœur se contractent de façon désordonnée (fibrillation). Le défibrillateur cardiaque peut être représenté de façon simplifiée par le schéma suivant :



La capacité du condensateur C est de $470 \mu\text{F}$. Le thorax du patient sera assimilé à un conducteur ohmique de résistance $R = 50 \Omega$.

Dès que le condensateur C est chargé le manipulateur peut envoyer le choc électrique en connectant le condensateur aux électrodes posées sur le thorax du patient. Il choisit alors le niveau d'énergie du choc électrique qui sera administré au patient, par exemple $W = 400 \text{ J}$.

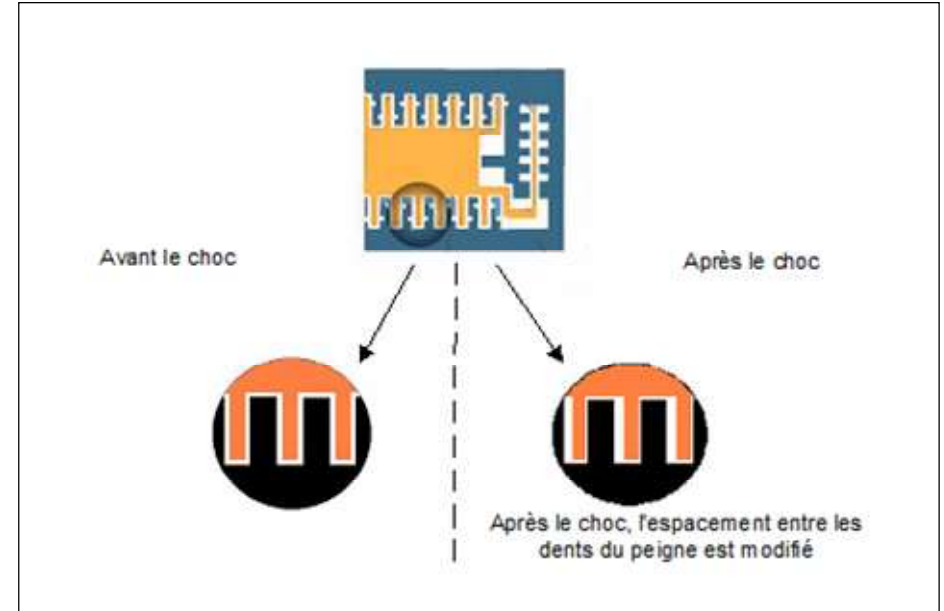
18. Découper et coller le document 11 donné en Annexe et qui représente le schéma électrique simplifié. Y faire apparaître par les notations conventionnelles, les tensions aux bornes du condensateur et de la résistance. Faire également apparaître le sens de circulation du courant.
19. Quelle relation lie l'intensité $i(t)$ du courant de décharge et la charge électrique $q(t)$ portée par l'armature positive du condensateur ?
20. Quelle relation lie la tension $u_C(t)$ et la charge électrique $q(t)$?
21. Montrer que l'équation différentielle donnant les variations de la tension $u_C(t)$ aux bornes du condensateur en fonction du temps est de la forme : $u_C(t) + RC \frac{du_C(t)}{dt} = 0$
22. En vérifiant que la fonction du temps $u_C(t) = A e^{-t/\tau}$ est solution de l'équation différentielle précédente, établir les expressions des constantes A et τ .
23. Déterminer les valeurs numériques de A et de RC. Préciser les unités. Commenter la valeur de τ . Cette valeur est-elle en accord avec l'utilisation du défibrillateur ?
24. Découper et coller le document 12 donné en Annexe, qui donne l'évolution au cours du temps de la tension $u_C(t)$ aux bornes du condensateur au cours de la décharge. Commenter l'allure de cette courbe. Faire apparaître sur ce graphe sans aucune justification la tension E et les régimes permanent et transitoire. Quelle est la valeur de u_C en régime permanent ? Ce résultat est-il en accord avec la solution donnée à la question 22 ?
25. A partir du graphe du document 12, faire apparaître les deux méthodes qui permettent de déterminer la valeur de τ .
26. Que peut-on dire du régime lorsque le temps écoulé est égal à 5τ ?

4^{ème} partie : Une application des condensateurs : l'accéléromètre

Un airbag est fait de toile. Une fois déployé devant le conducteur d'une voiture, il peut contenir jusqu'à 70 litres de gaz (celui du passager étant généralement plus volumineux). Et pour se déployer, il ne lui faut pas plus que le temps d'un clignement d'œil, soit quelque 150 millisecondes.



C'est à un tout petit instrument (sa surface n'excède pas les 2 mm^2) appelé accéléromètre que revient la tâche de détecter les éventuels chocs. Au nombre de deux, ils se présentent sous la forme de sorte de peignes en silicium. Le premier est fixe. Le second est mobile. Ainsi, lorsque la voiture change de vitesse, le second peigne se déplace par rapport au premier. Un déplacement qui influe sur la capacité électrique de l'accéléromètre.



En cas d'accident (généralement lors d'un choc à une vitesse supérieure de 20 à 25 km.h^{-1}), la variation de capacité électrique va dépasser les seuils préétablis. Un signal électrique est alors envoyé vers l'airbag, commandant son gonflage. Le processus qui intervient ensuite est purement chimique. Sous l'effet de la chaleur, c'est généralement de l'azote de sodium (NaN_3) qui va produire du sodium (Na) et du diazote (N_2), un gaz qui entre naturellement dans la composition de l'air.

Après son déclenchement, l'airbag va rapidement se dégonfler sous la pression du corps une fois le choc amorti ; le tout afin d'éviter les rebonds et de faciliter l'intervention des secours dans l'habitacle de la voiture.

27. Découper et coller le document 13 donné en Annexe et qui représente le rapprochement des deux armatures provoqué par un choc.

Ce rapprochement entraîne une augmentation de la capacité du condensateur. Il s'agit de comprendre les conséquences de cette variation.

Parmi les deux propositions suivantes donnant l'expression de la capacité C en fonction de la distance d entre les armatures du condensateur, choisir en justifiant celle qui peut convenir :

$$C = k \cdot d \quad \text{ou} \quad C = \frac{k}{d}$$

28. Avant le choc, le condensateur est chargé à la tension $E = 5,0 \text{ V}$. Le choc ne modifie pas la tension aux bornes du condensateur. En déduire que le choc a pour effet de faire augmenter la charge q du condensateur.

29. Donner la relation entre l'intensité i du courant et la charge q du condensateur.

En déduire que cette augmentation de charge provoque l'apparition d'un courant dans le circuit. Conclure sur le principe de déclenchement du gonflage de l'airbag lors d'un choc